



TITLE:

出土木製遺物の保存処理の効率化  
をめざした一時保管ならびに薬剤  
含浸の新たな手法の開発(  
Abstract\_要旨)

AUTHOR(S):

松田, 和貴

---

CITATION:

松田, 和貴. 出土木製遺物の保存処理の効率化をめざした一時保管ならびに薬剤含浸の新たな手法の開発. 京都大学, 2020, 博士(人間・環境学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22542>

RIGHT:

許諾条件により本文は2021-03-01に公開

京都大学	博士（ 人間・環境学 ）	氏名	松田 和貴
論文題目	出土木製遺物の保存処理の効率化をめざした一時保管ならびに薬剤含浸の新たな手法の開発		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、木製遺物の水中保管中の劣化を抑制する手法ならびに新たな含浸処理法について以下の検討をおこなうことにより、長期間を要する木製遺物の保存処理を効率化することを目的としたものである。</p> <p>第1章では、木製遺物の保存の意義を述べ、これまで実践されてきた各種の保存処理法に関する既往研究を整理した。従来の拡散現象を利用した薬剤含浸では、その進行速度に原理的な限界があり、保存処理を効率よくおこなえないこと、そのため、保存処理に着手できない一時保管の状態にある出土木製遺物が増え続けているという課題について言及している。その上で、一時保管環境の改善による微生物劣化の抑制に加え、拡散現象によらない新たな含浸処理技術の開発が必要であることを述べている。</p> <p>第2章では、水中において一時保管されている木製遺物の微生物劣化を抑制する方法を開発するため、実際の一時保管環境における暴露試験を実施した。水中における木材の劣化は好気性微生物の活動に大きく依存することから、暴露試験においては水中温度と溶存酸素量を計測、記録した。</p> <p>屋外に設置された木製遺物保管用の大型水槽において暴露試験を実施して得られたデータと気象台発表の気象データを参照することにより、溶存酸素の分布と挙動に及ぼす種々の環境因子の影響について考察した。水中保管環境では、好気性微生物の活動により溶存酸素が消費される一方で、気液界面における気相からの酸素の移動、気温低下や降雨による表層水温の低下にともなう溶存酸素に富む表層水の鉛直混合、ならびに水中での光合成生物による酸素の供給が溶存酸素増加の原因となることを明らかにした。</p> <p>以上の結果から、大型水槽での木製遺物の水中保管環境において溶存酸素を低減するため、①酸素不透過性シートによる水面の被覆、②同シート上への断熱材の敷設、および③覆屋の設置（雨水流入の防止および遮光）をおこない、暴露試験を実施した。その結果、気相からの酸素供給の低減、表層水の温度変化に起因する鉛直混合の抑制、ならびに光合成生物の繁殖の抑制を効果的に達成した。しかしながら、溶存酸素の枯渇によって水槽内が還元環境に移行し、嫌気性微生物である硫酸塩還元菌により硫化水素が発生する場合もあることが明らかとなった。</p> <p>第3章では、木製遺物の保存処理を効率化するため、木製遺物表面からの水分蒸発を利用して遺物内部に負圧を生じさせ、保存処理溶液の溶質を移流によって遺物内部へ効率よく移動させる手法を検討し、その実効性を示した。出土木材試料とポリエチレングリコール水溶液を用いた基礎実験から、比較的低濃度の溶液に木製遺物の一部を露出させた状態で浸漬し、温度と溶媒の蒸発速度を制御した環境下におくことで、移流による溶質の浸透と蓄積を同時に効率よく進行させられることを示した。また、同実験においては、薬剤固化後の木材の寸法安定性も極めて良好となった。なお実験では、薬剤含浸時に過度の乾燥による遺物の収縮を抑制するため、</p>			

遺物からの溶媒蒸発速度を、溶液が供給される速度を上回らないよう、制御する必要があることが明らかとなった。

さらに、木材の異方性が本手法における溶液の含浸性に及ぼす影響について検討するため、異なる木取りの試料をもちいて、新手法による薬剤含浸実験をおこなった。その結果、鉛直方向における溶液の移動性は、繊維方向で比較的高く、放射方向および接線方向では低いことを示した。新手法を適用するうえでは、木材の木取りを十分考慮し、木口面からの溶液の吸収をはかるなどの配慮が必要であるとしている。

本論文で検討した新たな薬剤含浸の手法は、遺物周囲の溶液を液絡部から内部へ能動的に引き込むことが可能であるため、木材と溶液の間の濃度勾配による拡散を溶質移動のおもな駆動力として利用する従来の受動的な手法に比べ、薬剤含浸に要する期間を大幅に短縮するものである。新手法では、溶液の濃度管理に関する作業負担を大幅に軽減することが可能となる。さらに、はじめに調製する溶液の溶質薬剤の必要量は、遺物内部の全空隙に相当する量のみであるため、保存処理後の廃液量が大幅に削減される。

このように、本論文で提示した新手法は、国内外における木製遺物の保存処理の効率を飛躍的に向上させるだけでなく、環境負荷ならびに経済的負担を大幅に軽減させるものであるといえる。また、緻密で硬質な樹種からなる遺物や、建築部材をはじめとした大型の木製遺物など、従来の保存処理法では中心部まで十分に薬剤を含浸させることが困難であった遺物に対しても、新手法を適用することで、木材の中心部まで迅速に保存処理を実施できるようになることが期待されるとしている。

最終の第4章では、発掘後に水中で一時保管されている木製遺物の劣化を抑制するための方法と、その後の保存処理における薬剤含浸を効率化するための新たな方法を総論的に述べている。溶存酸素を低減させ、日射の影響と温度変化を抑制することにより、木製遺物の水中での劣化を抑制できる環境を創出できること、ならびに木製遺物表面からの水分蒸発を利用して遺物内部に負圧を生じさせ、保存処理溶液の溶質を移流によって遺物内部へ効率よく移動させることができることを示した。

以上のように、本論文は、木製遺物の保存処理の効率化を進めるために、水中一時保管ならびに薬剤含浸の新たな手法を開発したものである。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、遺跡から出土する木製遺物の水中保管中の劣化を抑制する手法ならびに新たな含浸処理法を開発することにより、長期間を要する木製遺物の保存処理を効率化することを目的としたものである。木製遺物は埋没中の腐朽により著しく劣化しており、乾燥により異常な収縮、変形を生じる。木製遺物を異常な収縮と変形を起こさせずに乾燥状態に移行させるためには、適切な保存処理を施す必要がある。

従来、木製遺物の保存処理においては、形状を保持するための薬剤を木製遺物中に含浸させる方法として拡散現象を利用する方法が用いられてきた。しかしながら、この拡散現象を利用した含浸法には効率性の観点から原理的な限界があり、木製遺物の保存処理は長期間を要せざるを得ない状況にあるのが実情である。また、保存処理が長期にわたるがゆえに、保存処理を待つ木製遺物の数量は膨大な量となっており、水中における一時保管中の木製遺物の腐朽を防ぐ必要もある。

本論文は、暴露試験を通して水中における一時保管環境の変動要因および木製遺物の腐朽に影響を及ぼす溶存酸素の分布と挙動を明らかにした上で、一時保管中の木製遺物の腐朽を抑制する方法を開発した点、ならびに拡散現象とは異なる移流現象を用いた迅速な薬剤含浸処理法を開発した点に特色がある。

長期間を要する木製遺物の保存処理を効率化するため、水中における木製遺物の一時保管法ならびに移流現象を利用した含浸処理法の研究において、本論文が達成した評価されるべき学問的意義は、以下の二点に集約できる。

第一に、木製遺物の水中における一時保管法を開発するにあたり、大型水槽での暴露試験を実施し、好気性微生物の活動により溶存酸素が消費される一方で、気液界面における気相からの酸素の移動、気温低下や降雨による表層水温の低下にともなう溶存酸素に富む表層水の鉛直混合、ならびに水中での光合成生物による酸素の供給が溶存酸素増加の原因となることを明らかにしたことである。

これまで、一時保管は経験的におこなわれてきたに過ぎず、一時保管中の木製遺物の劣化にどのような環境因子が影響を及ぼしているかは不明であった。水中での一時保管中の劣化には好気性微生物の活動の影響が大きいことに着目し、異なる深度での水温と溶存酸素濃度の計測データ、ならびに気象データを詳細に検討した。その結果、①酸素不透過性シートによる水面の被覆、②同シート上への断熱材の敷設、および③覆屋の設置（雨水流入の防止および遮光）をおこなうことにより、水中の溶存酸素量を低下させ、好気性微生物の活動を抑制するための方法を提示した。これにより、水中において一時保管され、保存処理を待つ膨大な量の木製遺物の劣化を大幅に抑制することが可能となった。

第二に、木製遺物の保存処理を効率化するため、木製遺物表面からの水分蒸発を利用して遺物内部に負圧を生じさせ、保存処理溶液の溶質を移流に

よって遺物内部へ効率よく移動させる手法を検討し、その実効性を示したことである。これまで、木製遺物の保存処理は、濃度勾配を駆動力とした拡散による溶質の移動を利用したものであった。このような溶質の移動は、その進行とともに濃度勾配が緩やかとなり、駆動力が低下する。そのため、平衡状態に達した段階で、処理溶液の濃度を高める必要があり、結果として処理期間が長くなることになる。また、木製遺物の中心まで十分に溶質が拡散しないことも問題であった。

これに対し、移流を用いた方法では、比較的低濃度の溶液に木製遺物の一部を露出させた状態で浸漬し、温度と溶媒の蒸発速度を制御した環境下におくことで、移流による溶質の浸透と蓄積を同時に効率よく進行させられることを示した。また、同実験においては、薬剤固化後の極めて高い木材の寸法安定性を達成した。本論文で検討した移流を用いた新たな薬剤含浸の手法は、遺物周囲の溶液を液絡部から内部へ能動的に引き込むことが可能であるため、木材と溶液の間の濃度勾配による拡散を溶質移動のおもな駆動力として利用する従来の受動的な手法に比べ、薬剤含浸に要する期間を大幅に短縮するものである。

移流を用いた新しい含浸法では、溶液の濃度管理に関する作業負担を大幅に軽減することが可能となる。さらには、はじめに調製する溶液の溶質薬剤の必要量は、遺物内部の全空隙に相当する量のみであるため、保存処理後の廃液量を大幅に削減することができる。このように、本論文で提示した新手法は、国内外における木製遺物の保存処理の効率を飛躍的に向上させるだけでなく、環境負荷ならびに経済的負担を大幅に軽減させるものであるといえる。

以上より、本論文において、木製遺物の保存処理の効率化を進めるために、溶存酸素を低減させ、日射の影響と温度変化を抑制することにより、木製遺物の水中での劣化を抑制できる環境を創出できること、ならびに木製遺物表面からの水分蒸発を利用して遺物内部に負圧を生じさせ、保存処理溶液の溶質を移流によって遺物内部へ効率よく移動させ得ることを示したことは大きく評価できる。

よって、本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年1月8日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 令和      年      月      日以降